



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 15 477.7  
22 Anmeldetag: 11. 5. 89  
43 Offenlegungstag: 23. 11. 89

DE 3915477 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
11.05.88 JP P 63-112563

71 Anmelder:  
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:  
Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;  
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Groening,  
H., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte; Schulz, R., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.- u. Rechtsanw., 8000 München

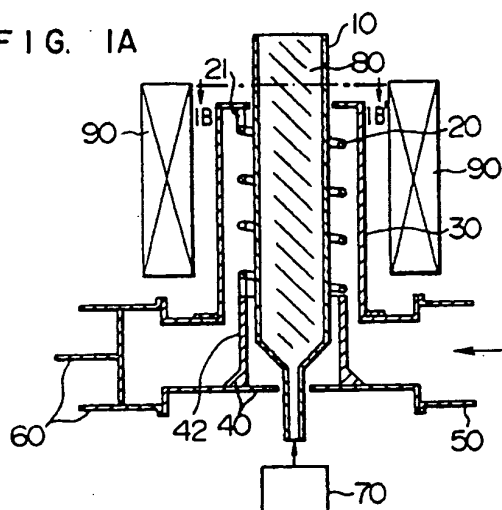
72 Erfinder:  
Okamoto, Yukio, Sagamihara, JP; Murayama,  
Seiichi, Kokubunji, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung

Eine Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung weist einen zylindrischen Koaxialwellenleiter auf, der aus einem zylindrischen Außenleiter (30) und einem Innenleiter (20) in Form einer Wendelspule aufgebaut ist. Eine nicht-leitende Entladungsröhre (10) ist zumindest teilweise im Inneren des Innenleiters (20) angeordnet. Zwischen dem Außenleiter (30) und dem Innenleiter (20) wird Mikrowellenenergie angelegt.

FIG. 1A



DE 3915477 A1

Die Erfindung betrifft eine Plasmaherstellungsvorrichtung (Plasmaquelle) unter Anwendung von Mikrowellenenergie als Anregungsquelle. Die Erfindung betrifft beispielsweise eine Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung, die als eine Emissionsquelle oder als eine Teilchenquelle (Ionen, Radikale usw.) beim Ätzen, bei der Abscheidung, der Oberflächenbehandlung, der Oberflächenmodifikation und der Spurenelementanalyse eines Materials oder als eine kurzweilige Lichtquelle mit hoher Helligkeit für optische Reaktionen verwendet werden kann.

Herkömmliche Plasmaherstellungseinrichtungen, bei denen Mikrowellenenergie (1 GHz oder höher) Anwendung findet, sind in folgenden Artikeln abgehandelt: (1) Rev. Sci. Instrum., 36, 3 (1965), S. 294 bis 298; (2) IEEE Trans. of Elect. Plasma Sci., PS-3, 2 (1975), S. 55 bis 59; und (3) Rev. Sci. Instrum., 39, 11 (1968), S. 295 bis 297.

Andererseits sind Plasmaherstellungseinrichtungen unter Anwendung von Hochfrequenzenergie von mehreren hundert MHz oder weniger beispielsweise im folgenden Artikel abgehandelt: (4) Philips Tech. Rev., 23, 2 (1973), S. 50 bis 59.

Bei dem Mikrowellenenergie anwendenden Stand der Technik, wie er in den oben genannten Literaturstellen (1), (2) und (3) beschrieben ist, ist die Struktur komplex und die Abmessungen sind begrenzt. Die Verbesserung der Ausnutzung der Mikrowellenenergie, die Erzielung eines großen Durchmessers und eines Plasmas hoher Dichte, die Optimierung der Radialverteilung des Plasmas und der Anstieg der Anregungs-Mikrowellenenergie wurden nicht beachtet. Es gibt Probleme bei physikalischen Größen des Plasmas (wie der Dichte) und beim Herstellungswirkungsgrad, bei den Eigenschaften und dem Durchsatz von Filmmaterial, das man erhält, wenn das Plasma für die Abscheidung verwendet wird, und bei der Empfindlichkeit und den Kosten für eine Analysevorrichtung, wenn das Plasma für die Spurenelementanalyse verwendet wird.

Der Hochfrequenzenergie verwendende Stand der Technik, wie er in der oben genannten Literaturstelle (4) beschrieben ist, hat andererseits einen komplizierten Aufbau eines Oszillators. Es ergeben sich daher Probleme beim Ausnutzungsgrad der Hochfrequenzenergie, bei Gegenmaßnahmen gegen Störungen der elektrischen Wellen und bei den Kosten.

Die generelle Aufgabe der Erfindung ist darin zu sehen, eine Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung zu schaffen, die die dem Stand der Technik anhaftenden Probleme, insbesondere die oben beschriebenen, überwindet. Diese Vorrichtung soll in der Lage sein, stabil und mit hohem Wirkungsgrad Plasma mit hoher Temperatur, hoher Dichte und geringen Verunreinigungen zu erzeugen.

Diese Aufgabenstellung wird gelöst durch eine Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung mit einem zylindrischen Koaxialwellenleiter, der einen zylindrischen Außenleiter und einen Innenleiter in Form einer Wenderspule (spiralförmig) hat, sowie mit einer Isolator-Entladungsröhre, von der zumindest ein Teil innerhalb des Innenleiters angeordnet ist, wobei Mikrowellenenergie zwischen Außen- und Innenleiter geführt wird.

Bei der erfindungsgemäßen Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung ist daher eine Entladungsröhre auf der Innenseite des Wenderspulen-Innenleiters des zylindrischen Koaxialwellenleiters angeordnet, wobei Mi-

krowellenenergie Anwendung findet. Die durch die Mikrowellen-Anregungsfrequenz den Abmessungen und der Form aufgeprägten Beschränkungen werden damit eliminiert. Zusätzlich kann ein großer Strom proportional zu dem Produkt aus dem Anregungsstrom und der Mikrowellen-Anregungsfrequenz in dem Plasma fließen. Wegen der Verbesserung der Skin- bzw. Eindringtiefe beim Skin-Effekt aufgrund der erhöhten Frequenz und des Anlegens eines äußeren Magnetfeldes ist es möglich, ein Plasma hoher Dichte und hoher Temperatur über der Abreißdichte ("Cut-off"-Dichte) zu erzeugen, dessen Radialverteilung die Aufgabenstellung löst und das wirkungsvoll und einfach einen beliebigen Durchmesser haben kann.

Ein mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugtes Plasma kann daher für die Plasmaverarbeitung verwendet werden, beispielsweise für das Ätzen oder Abscheiden von Halbleitermaterialien. Weiterhin besteht ein Vorteil von mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugtem Plasma darin, daß es in weitem Umfang als Emissionsquelle und Ionenquelle bei der Herstellung eines neuen Materials, bei der Oberflächenbehandlung, bei der Oberflächenmodifikation und bei der Spurenelementanalyse und daneben als eine kurzweilige Lichtquelle hoher Helligkeit für optische Reaktionen verwendet werden kann.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen beschrieben. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1A eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung;

Fig. 1B eine Schnittansicht längs der Linie 1B-1B' in Fig. 1A;

Fig. 2 eine Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Mikrowellen-Herstellungsvorrichtung;

Fig. 3 bis 6 Aufbau-Blockdiagramme von Ausführungsbeispielen von Systemen, bei denen durch die Plasmaherstellungsvorrichtungen nach Fig. 1 oder Fig. 2 erzeugtes Plasma Anwendung findet;

Fig. 3 ein Aufbau-Blockdiagramm für einen Fall, in dem Plasma für die Plasmabearbeitung eines Materials verwendet wird;

Fig. 4 ein Aufbau-Blockdiagramm für einen Fall, in dem Plasma für die Oberflächenbehandlung eines Materials verwendet wird;

Fig. 5 ein Aufbau-Blockdiagramm für einen Fall, in dem Plasma für die Spurenelementanalyse verwendet wird; und

Fig. 6 ein Aufbau-Blockdiagramm für einen Fall, in dem Plasma für eine opto-chemische Reaktion verwendet wird.

Zuerst soll das Prinzip der Erfindung erläutert werden.

Bei einem Aufbau, bei dem Mikrowellen als Anregungsquelle verwendet werden und eine Entladungsröhre auf der Innenseite eines wendelförmigen Innenleiters eines zylindrischen Koaxialwellenleiters angeordnet ist, um Plasma zu erzeugen, hat der Innenleiter in Form einer Wenderspule eine der Primärspule eines Transformators äquivalente Funktion, während das Plasma eine der Sekundärspule (Windungszahl 1) des Transformators äquivalente Wirkung hat.

Dadurch können die Abmessungen und Formen der Innen- und Außenleiter frei gewählt werden. Daher ist es möglich, mit einem einfachen Aufbau ein Plasma mit einem Durchmesser zu erhalten, der auf das Ziel der

Anwendung abgestimmt ist. Weiterhin wirkt der Außenleiter als ein Abschirmgehäuse.

Ein durch das Plasma fließender Entladungsstrom  $I_2$  ist proportional zu dem Produkt aus einem Anregungsstrom  $I_1$ , der durch die oben beschriebene Primärspule fließt, und einer Anregungsfrequenz  $f$  (d.h.  $I_2 \sim f \cdot I_1$ ). Für die Erzeugung des Entladungsstroms  $I_2$  ist es daher wirkungsvoll, die Anregungsfrequenz  $f$  groß zu machen. Im Vergleich zur Anwendung von Hochfrequenzenergie (100 MHz oder niedriger) kann bei der Anwendung von Mikrowellenenergie (1 GHz oder höher) der Entladungsstrom  $I_2$  daher auf das Zehnfache oder mehr erhöht werden, selbst wenn  $I_1$  konstant gehalten wird. Mit der Anwendung von Mikrowellenenergie kann ein Plasma hoher Dichte und hoher Temperatur wirkungsvoll erzeugt und auch als eine Lichtquelle hoher Helligkeit verwendet werden.

Die Eindringtiefe ("Skin"-Tiefe)  $\delta$  ist umgekehrt proportional zur Quadratwurzel der Anregungsfrequenz  $f$  ( $\delta \sim 1/\sqrt{f}$ ). Wird Mikrowellenenergie mit einem größeren Wert von  $f$  verwendet, wird  $\delta$  daher kleiner und ein großer Entladungsstrom fließt in dem Umfangsbereich des Plasmas. Wenn die Position zum Umfangsbereich des Plasmas fortschreitet, wird daher die äußere elektrische Feldintensität  $E_0$  größer. Insbesondere bei einem höheren Entladungsgasdruck hat die elektrische Feldintensität die Funktion, wirkungsvoll ein krapfenförmiges ("doughnut") oder ringförmiges Plasma zu erzeugen. Bei einem niedrigeren Entladungsgasdruck kompensiert die oben genannte Größe  $E_0$  Diffusionsverluste und hat daher die Funktion, ein gleichmäßiges Plasma mit einem großen Durchmesser zu erzeugen.

Ausführungsbeispiele dieser Erfindung werden im folgenden unter Bezugnahme auf die Fig. 1A, 1B und 2 bis 6 beschrieben.

Fig. 1A zeigt eine Schnittansicht eines Mikrowellen-Plasmaherstellungssystems, das die Grundlage der Erfindung bildet, und Fig. 1B eine Schnittansicht längs der Linie 1B-1B' in Fig. 1A. In dem Plasmaherstellungssystem nach diesem Ausführungsbeispiel sind, wie dargestellt, angeordnet: ein zylindrischer Außenleiter 30 (Kupfer), ein Innenleiter 20 in Form einer Wendelspule (beispielsweise gebildet durch Wickeln eines Kupferdrahtes oder -rohres mit etwa 1 bis 10 Wicklungen in einem Abstand von 0,5 cm sowie mit einem Innendurchmesser von 0,1 bis 10 cm), eine Quarzglas aufweisende Entladungsröhre 10 und ein Koaxialwellenleiter-Umformer 40. Um die Mikrowellenenergie wirkungsvoll auf den Wenderspulen-Innenleiter 20 zu übertragen, werden vorzugsweise die Abmessungen einer E-Ebene (Richtung des elektrischen Feldes) des Koaxialwellenleiter-Umformers 40 kleiner als die Standardabmessungen eingestellt, um die charakteristische Impedanz (Wellenwiderstand) zu erzeugen. Zusätzlich wird vorzugsweise ein 1/4-Wellenlängen-Umformer 50 an der Eingangsseite des Koaxialwellenleiter-Umformers 40 angeordnet und man läßt die charakteristische Impedanz mit der des Koaxialabschnittes übereinstimmen. Weiterhin ist es auch vorteilhaft, einen Kolben 60 auf der Gegenseite anzuordnen, um eine Anpassung zu erzielen. Der Koaxialabschnitt 42 des Koaxialwellenleiter-Umformers 40 kann die Form eines Türknopfes haben. Insbesondere beim Betrieb mit einem niedrigeren Entladungsgasdruck kann ein Magnetfeldgenerator 90 angeordnet sein, um Herstellung und Einschluß des Plasmas zu verbessern. (Der Magnetfeldgenerator weist eine Luftspule oder einen Permanentmagneten auf. Die Stärke des Magnetfeldes befriedigt oder befriedigt annä-

hernd die Elektronen-Zyklotronresonanzbedingung. Der Magnetfeldgenerator bildet ein Magnetfeld mit mehreren Spitzen (multi-cusp) oder ein divergentes strandförmiges Magnetfeld (beach shaped)). Wie dargestellt, ist ein Vorderende 21 des Wenderspulen-Innenleiters 20 mit dem Außenleiter 30 verbunden. Das Vorderende 21 kann jedoch auch von dem Außenleiter 30 getrennt werden.

Im folgenden wird der Grundbetrieb beschrieben. Von einem Mikrowellengenerator mit einem Magnetron zugeführte Mikrowellenenergie (beispielsweise 2,45 GHz, 1,5 kW; stationärer Zustand oder Pulsmodulation) wird von dem Koaxialwellenleiter-Umformer 40 auf den Wenderspulen-Innenleiter 20 übertragen, um ein Magnetfeld in der Axialrichtung zu erzeugen. Zu diesem Zeitpunkt wird ein elektrisches Feld in einer Richtung entgegengesetzt zu der eines durch den Wenderspulen-Innenleiter 20 fließenden Stromes durch magnetische Induktion induziert. Von einem Gasprobeninjektor 70 in die Entladungsröhre 10 eingeführtes Gas wird ionisiert, und ein Plasma 80 wird erzeugt und erhitzt. Ein zu dem Produkt aus dem durch die Wendelspule fließenden Strom und der Mikrowellenfrequenz proportionaler Strom fließt so durch das Plasma 80, daß als Folge des Skin-Effekts eine Konzentration auf den Umfangsbereich erfolgt. Wenn der Entladungsgasdruck hoch ist, nimmt daher die Temperatur- und Dichteverteilung des Plasmas eine Krapfenform oder Ringform mit Spitzenwerten im Umfangsbereich an. Wenn eine zu analysierende Probe in das Innere des Krapfens (doughnut) eingeführt wird, wird die Probe daher durch Wärmeleitung und -strahlung erhitzt. Die Probe kann damit wirkungsvoll ionisiert werden, um ein Plasma zu erzeugen, und kann für die Spurenelementanalyse verwendet werden. Der Betrieb erfolgt im stationären Zustand oder im nicht-stationären Zustand (Pulsbetrieb).

In dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der Mikrowellenkreis vollständig aus einem Wellenleiter aufgebaut, so daß eine große Leistung zugeführt werden kann. Es ist damit möglich, ohne weiteres ein Plasma mit hoher Temperatur, hoher Dichte (Abreißdichte oder höher) und großer Kapazität zu erhalten. Erforderlichenfalls können die Entladungsröhre und der Wellenleiter durch eine Zwangsluftkühlung oder ähnliches gekühlt werden.

Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels für niedrige Leistung. Dieses Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgabe eines Mikrowellengenerators, wie eines Magnetrons, zu einem Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem über ein Koaxialkabel und einen Anpassungskreis (auf den auch verzichtet werden kann) übertragen wird. Diese Ausführungsform ist für eine Anwendung mit niedriger Leistung geeignet. In Fig. 2 bezeichnet Bezugsziffer 41 einen Mikrowelleneingabe-Koaxialkabelanschluß; die weiteren Bezugsziffern bezeichnen die gleichen Komponenten wie im in Fig. 1A dargestellten Ausführungsbeispiel. In Fig. 2 ist das Vorderende 21 des Wenderspulen-Innenleiters nicht mit dem Außenleiter 30 verbunden. Das Vorderende 21 kann jedoch mit dem Außenleiter 30 verbunden werden.

Da bei diesem Ausführungsbeispiel die Durchmesser des Innen- und Außenleiters beliebig gewählt werden können, besteht ein Vorteil dieses Aufbaus darin, daß der Durchmesser der Entladungsröhre 10 ebenfalls dementsprechend beliebig gewählt werden kann. Daher kann auch der Durchmesser des Plasmas 80 beliebig eingestellt werden. Die Erfindung ist insbesondere dann

von Nutzen, wenn Plasma mit einem großen Durchmesser erforderlich ist. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel kann ein externer Magnetfeldgenerator (90 in Fig. 1A) auf der äußeren Umfangsseite des Außenleiters 30 angeordnet werden.

Die Form der Entladungsröhre 10, des Gaseinlasses und ähnlicher Bauteile in den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1A und 2 ist nicht auf die dargestellten Beispiele beschränkt, sondern kann entsprechend der Aufgabenstellung optimiert werden. In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung wird  $H_2$ , He,  $N_2$ ,  $O_2$ , Ar, Xe, Hg,  $CH_4$  oder  $NH_3$  als Arbeitsgas gewählt, und der Druck in der Entladungsröhre wird in einem Bereich von  $10^{-6}$  bis 760 Torr festgesetzt.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis 6 werden Ausführungsbeispiele beschrieben, bei denen das oben erläuterte Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem auf eine Plasmaverarbeitungsvorrichtung für die Erzeugung eines neuen Materials durch Abscheidung oder ähnliches (Fig. 3), für die Oberflächenmodifikation eines Materials (Fig. 4), für die Spurenelementanalyse (Fig. 5) sowie als eine Lichtquelle für Ultraviolettstrahlung (Fig. 6) Anwendung findet.

Fig. 3 zeigt ein Aufbau-Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels der Erfindung, bei dem das oben erläuterte Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem auf eine Plasmabearbeitungsvorrichtung zum Ätzen, Abscheiden und ähnlichem Anwendung findet. In Fig. 3 bezeichnet Bezugsziffer 100 ein Mikrowellen-Generatorsystem mit einer Hochspannungs-Energieversorgung (Gleichstrom oder pulsierend), einem Mikrowellengenerator (wie ein Magnetron oder ein Gyrotron), einem Isolator, einem Leistungsmesser und einem E-H-Tuner (Abstimmereinheit). Bezugsziffer 200 bezeichnet ein Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem, das die in den vorher beschriebenen Fig. 1 oder 2 dargestellten Komponenten aufweist. Bezugsziffer 300 bezeichnet ein Gasproben-Injektionssystem mit einer Einheit zum Injizieren von Gas (wie  $H_2$ , He,  $N_2$ ,  $O_2$ , Ar, Xe oder Hg; alleine oder als Gasgemisch) und von Reaktionsfeinteilchen (beispielsweise  $BaCO_3$ ,  $Y_2O_3$  + CuO, ein Metallelement wie Ba, Y oder Cu, oder  $LaB_6$ ). Bezugsziffer 400 bezeichnet ein Reaktionskammersystem, das eine Hochvakuumkammer, einen Substrathalter, einen Substrat-Heizer/Kühler sowie eine Vorpotentialzuführung aufweist. Bezugsziffer 500 bezeichnet ein Steuersystem für die Substrattemperatur und das Vorpotential mit einer entsprechenden Steuerschaltung. Bezugsziffer 600 bezeichnet ein Injektionssystem für eine Reaktionsgasprobe, das einen Reaktionsgas-Injektor zum Injizieren des Reaktionsgases, z.B.  $CH_4$ ,  $CF_4$  oder  $SiF_4$ , und einen Elektronenstrahl- oder Laser-Verdampfer zum Erzeugen und Injizieren der oben genannten superfeinen Teilchen aufweist. Bezugsziffer 700 bezeichnet ein Analysesystem für die Substratoberfläche, das ein Spektrometer und einen Massenanalysator aufweist. Bezugsziffer 800 bezeichnet ein Evakuersystem, das eine Turbopumpe zum Evakuieren der in dem System 400 enthaltenen Reaktionskammer und der in dem Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem 200 enthaltenen Entladungsröhre aufweist. Bezugsziffer 1000 bezeichnet ein Steuersystem mit einem Mikrocomputer. Das Steuersystem 1000 übt Steuerfunktionen für das Mikrowellen-Generatorsystem 100, das Steuersystem 500 für die Substrattemperatur und das Vorpotential, das Gasproben-Injektionssystem 300, das Reaktionsgasproben-Injektionssystem 600 und das Substratoberfläche-Analysesystem 700 aus, wodurch es eine optimale Steuerung der gesamten Vor-

richtung durchführt (zum Optimieren des erhaltenen Materials) und die unterschiedlichsten Daten ordnet und erhält.

Fig. 4 zeigt ein Aufbau-Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels, bei dem Ionen und neutrale Teilchen (wie Radikale) selektiv aus einem erzeugten Plasma hoher Dichte herausgenommen werden, um bei einem Material eine Oberflächenbehandlung und eine Oberflächenmodifikation durchzuführen. In Fig. 4 ist mit Bezugsziffer 900 ein Teilchen-Selektionssystem bezeichnet, das eine Zufuhrvorrichtung für ein magnetisches oder elektrisches Feld aufweist, um Ionen und Radikale selektiv aus dem Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem 200 herauszunehmen. Die anderen Bezugsziffern bezeichnen die gleichen Komponenten wie sie mit diesen Bezugsziffern im Ausführungsbeispiel in Fig. 3 dargestellt sind. In der Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung reagieren die oben genannten Ionen und Radikale direkt mit dem Substrat, um eine Oberflächenmodifikation des Materials durchzuführen. Zusätzlich kann die Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung auch als ein Gerät verwendet werden, bei dem die oben genannten Ionen und Radikale einmal ein Target treffen und das davon emittierte Target-Material auf dem Substrat abgeschieden wird.

In Fig. 5 ist ein Aufbau-Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels dargestellt, bei dem unter Verwendung von Licht und Ionen, die von dem erzeugten Plasma hoher Dichte und hoher Temperatur emittiert werden, Spurenelemente in der Probe analysiert werden. In Fig. 5 ist mit Bezugsziffer 310 ein Gasproben-Injektionssystem bezeichnet, das eine zu analysierende Probe, Trägergas (wie He,  $N_2$  oder Ar) und einen Zerstäuber enthält, um diese zu zerstäuben. Mit Bezugsziffer 1100 ist ein Ionen-Extraktionssystem bezeichnet, das ein elektrostatisches Linsensystem mit einem Slimmer und einer Inzel-Linse aufweist. Bezugsziffer 1200 bezeichnet ein Massenanalysesystem mit einem Massenfilter. Bezugsziffer 1300 bezeichnet ein Emissions-Analysesystem mit einem Spektrometer. Bei der Elementanalyse entsprechend diesem Ausführungsbeispiel kann die Arbeitsbedingung so eingestellt werden, daß ein ringförmiges Plasma (toroidal) erzeugt wird (beispielsweise so, daß Plasma mit einem kleinen Durchmesser von etwa 2 cm oder weniger unter Atmosphärendruck erzeugt wird). Damit läßt sich vorteilhaft eine hohe Empfindlichkeit und ein hoher Wirkungsgrad erzielen. Dabei hat die Entladungsröhre eine Doppelröhren- oder Dreifachröhrenstruktur. In eine Steuerröhre werden das Trägergas und die Probe injiziert. In der Außenröhre wird aus der Radialrichtung Plasmagas, wie He,  $N_2$  oder Ar, injiziert. In ihre weitere Außenröhre wird aus der Radialrichtung ein Kühlmittel (im allgemeinen Gas oder Luft) injiziert.

In Fig. 6 ist ein Aufbau-Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels dargestellt, mit dem unter Verwendung von von dem Plasma emittierter Ultraviolettstrahlung eine Oberflächenbehandlung eines Materials durchgeführt wird. In Fig. 6 bezeichnet Bezugsziffer 1400 ein System für die Erzeugung von Ultraviolettstrahlung mit einer Quarzplatte, einer  $CaF_2$ -Platte oder einem Metallnetz (mit angelegtem Vorpotential), um die Diffusion von Plasma in das Reaktionskammersystem 400 zu verhindern und die Übertragung der Ultraviolettstrahlung zu verbessern. Als Plasma wird Ar-Hg oder Xe verwendet, um wirkungsvoll Ultraviolettstrahlung zu erzeugen. Die Arbeitsbedingung wird so eingestellt (beispielsweise auf niedrigen Druck), daß ein gleichmäßiges Plasma mit einem großen Durchmesser erzielt werden kann.

Dieses Ausführungsbeispiel kann auch auf dem Gebiet des Ätzens, beispielsweise durch Aktivierung von  $\text{Cl}_2$ , und bei opto-chemischen Reaktionen unter Verwendung von Ultraviolettstrahlung Anwendung finden, bei der Bildung eines Dünnschfilms unter Ausnutzung der Zersetzung von  $\text{SiH}_4$  und des epitaxialen Wachstums von Si (opto-chemisches Gasphasenwachstum) und bei der Resist-Veraschung, die durch Aufbringen von Licht auf  $\text{O}_2$  durchgeführt wird. Dieses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil, daß Licht beliebiger Wellenlänge mit hoher Helligkeit über einen großen Bereich durch die Gasauswahl erhalten werden kann. In diesem Fall kann die in dem Mikrowellen-Plasmaherstellungssystem 200 angeordnete Entladungsröhre (10 in Fig. 1A und 2) mehrere Entladungsröhren aufweisen.

#### Patentansprüche

1. Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung, gekennzeichnet durch einen zylindrischen Koaxialwellenleiter, der eine zylindrische Bohrung für die Injektion von Mikrowellenenergie bildet und der einen Innenleiter (20) in Form einer Wenderspule sowie einen zylindrischen Außenleiter (30) aufweist; und eine nicht-leitende Entladungsröhre (10), die in der zylindrischen Bohrung so angeordnet ist, daß ein Plasma (80) eines zu ionisierenden Stoffes gebildet wird, indem ein elektrisches Mikrowellenfeld in der zylindrischen Bohrung des Koaxialwellenleiters aufgebaut wird.
2. Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Entladungsröhre (10) aufweist: einen Einlaß für die Injektion des zu ionisierenden Stoffes und eine Öffnung für die Nutzung des Plasmas (80) oder von Licht oder Teilchen, die von dem Plasma (80) emittiert werden.
3. Mikrowellen-Plasmaherstellungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (90) zum Anlegen eines Magnetfeldes, die so um die zylindrische Bohrung herum angeordnet ist, daß sie dem elektrischen Mikrowellenfeld ein externes Magnetfeld überlagert.

3915477

FIG. 1A

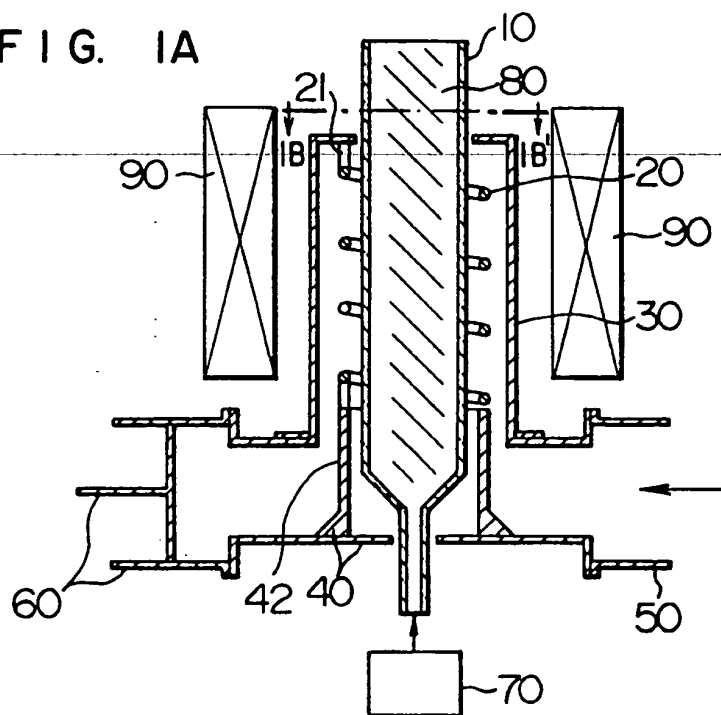


FIG. 1B

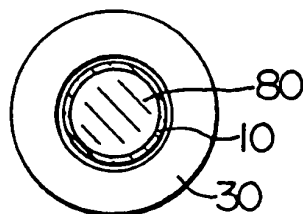
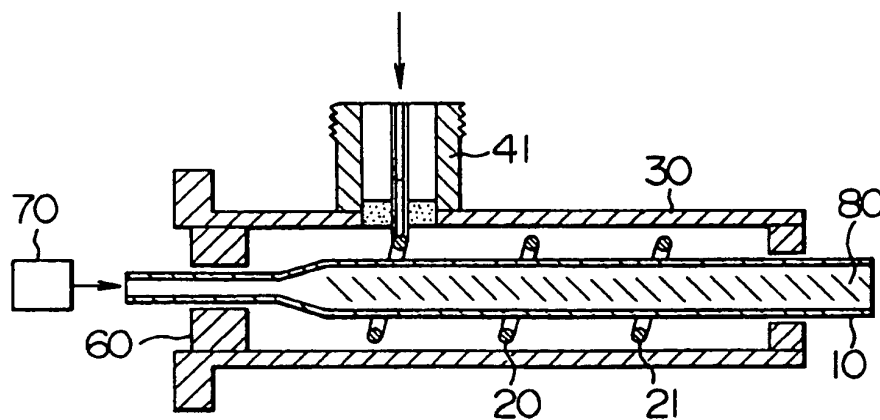


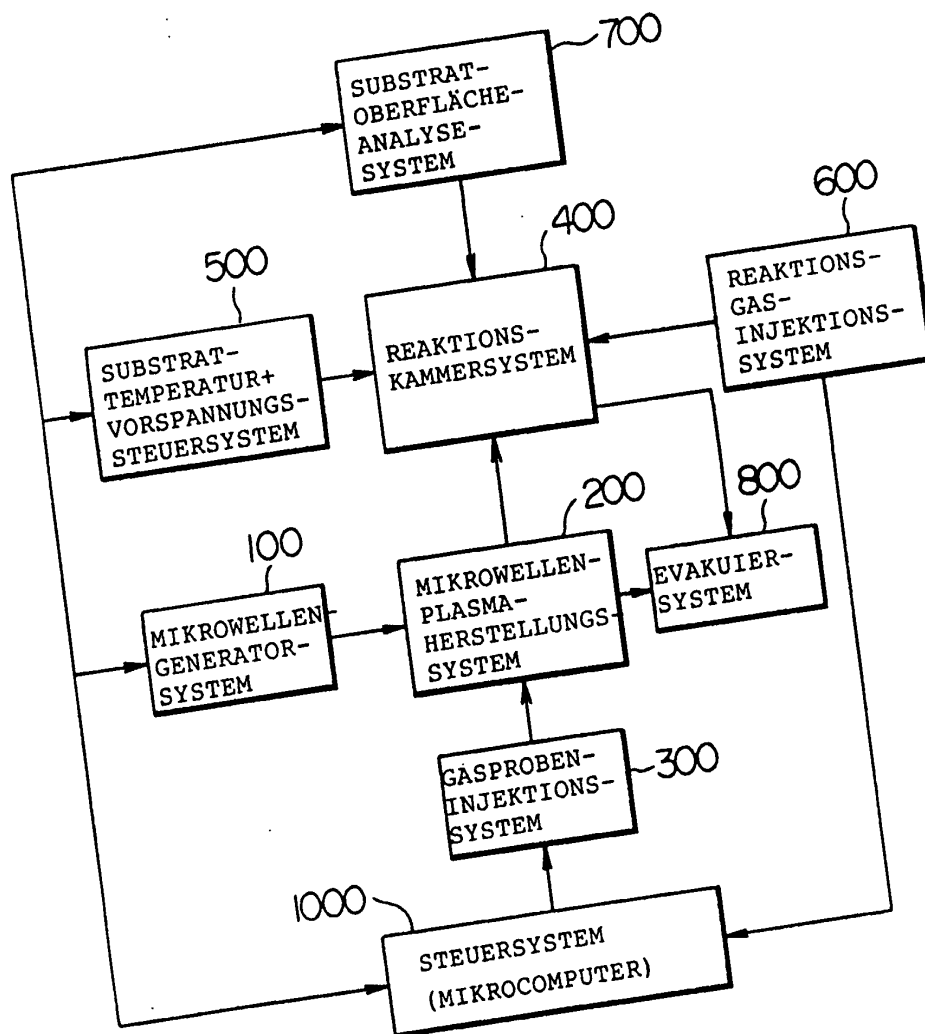
FIG. 2



3915477

13

FIG. 3

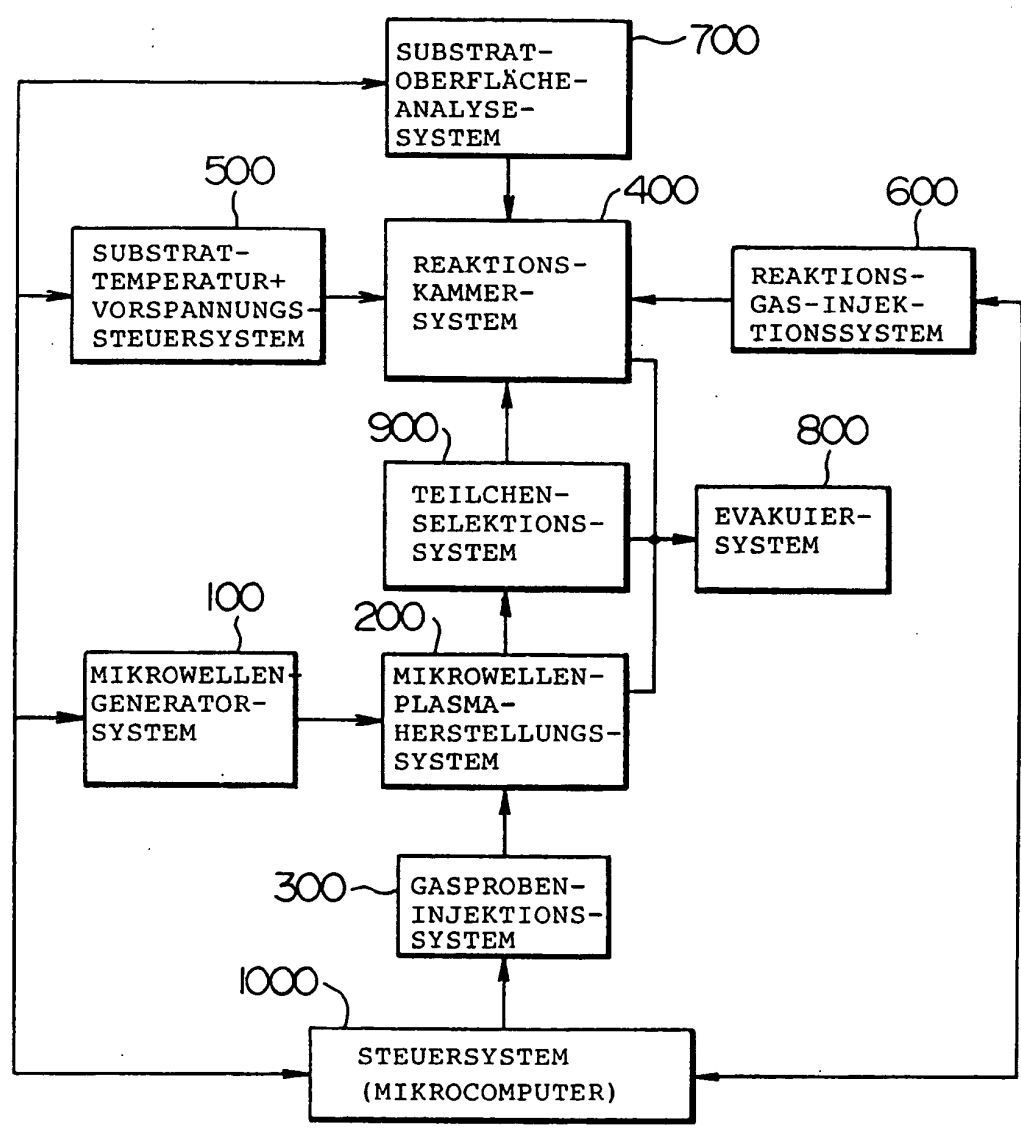


11.05.89 11.05.89

3915477

14

F I G. 4





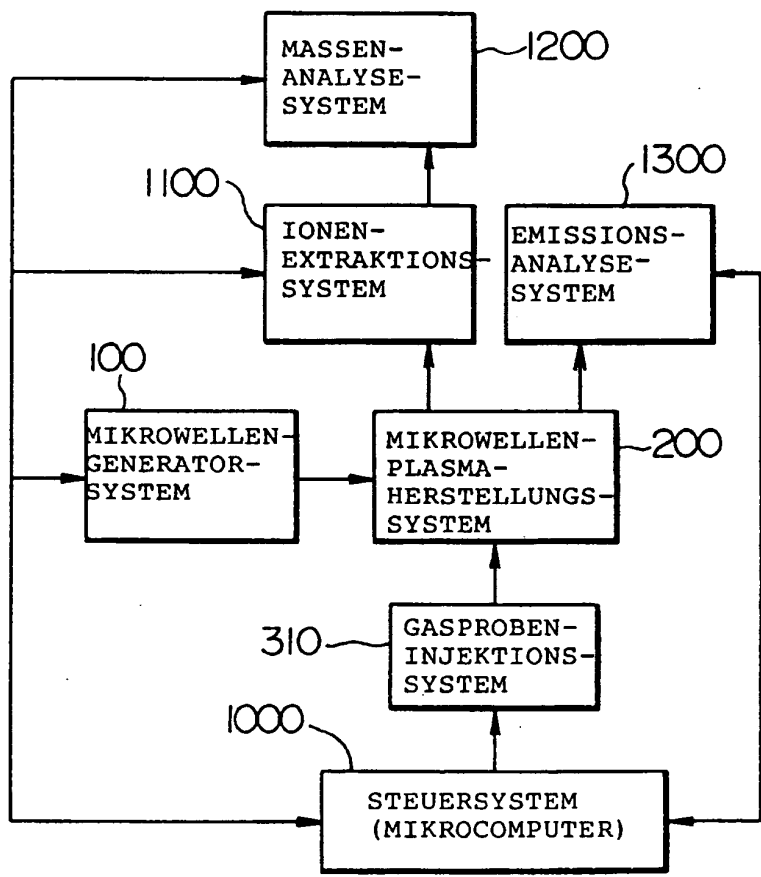
Patentamt  
B. Bereich Informationsdienste

3915477

15

Patentamt  
B. Bereich Informationsdienste

FIG. 5



11.05.89

3915477

16\*

F I G. 6

